

8. Хацаюк М.Ю. Индукционная установка с МГД воздействием в процессе приготовления и разлива высоколегированных алюминиевых сплавов // дис. канд. техн. наук. Екатеринбург, 2013.

УДК 536.2; 621.1

Л. А. Шмакова, Ю. Р. Гильметдинова, Н. А. Семенов, В. А. Микула

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

ВЛИЯНИЕ ДИАМЕТРА ТЕПЛООБМЕННОГО ЭЛЕМЕНТА НА УДЕЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА И ДЛИНУ ТРУБНОГО ЭЛЕМЕНТА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЯ КОМПРИМИРОВАННОГО ВОЗДУХА

Аннотация

В работе рассмотрено теплообменный элемент высокотемпературного воздушонагревателя компримированного воздуха. Высокотемпературный воздушонагреватель является одним из ключевых элементов в схеме гибридной ПГУ–ВЦГ с внешним сжиганием топлива на основе процессов термообработки угля и «внешнего» сжигания топлива. Проанализировано влияние диаметра трубного теплообменного элемента на удельные затраты поверхностей нагрева и длину трубного элемента.

Ключевые слова: высокотемпературный нагрев, теплообменный элемент; воздух; затраты; диаметр; длина.

Abstract

The article deals with heat-exchange element of high-temperature compressed air heater. The high-temperature air heater is one of the key elements in the scheme of hybrid integrated gasification combined cycle with external fuel combustion based on processes of coal heat treatment and "external" combustion of fuel. The influence of the tubular heat-exchange element diameter on the heating surface unit costs and length of piped element is analyzed in this paper.

Keywords: high-temperature heating; heat-exchange element; air; costs; diameter; length.

Энергосбережение в современном технократическом обществе является наиболее важной мерой в вопросах сохранения природных ресурсов, так как из года в год растет стоимость этих ресурсов. К тому же в последние годы остро встал вопрос экологических загрязнений. Все эти факторы подталкивают исследователей на поиски новых источников энергии или же на создании экономически оправданных и экологически чистых технологий.

Одним из перспективных направлений по разработке высокоэффективного способа использования природных ресурсов в виде угля является развитие ПГУ на твердом топливе. На базе Уральского федерального университета ведутся исследования гибридной ПГУ–ВЦГ с внешним сжиганием твердых топлив.

Одним из ключевых элементов в схеме гибридной ПГУ–ВЦГ с внешним сжиганием топлива на основе процессов термообработки угля и «внешнего» сжигания топлива является высокотемпературный воздушонагреватель, в нем нагревается сжатый воздух (до 750–1000 °С), направляемый затем в камеру сгорания газовой турбины.

Ранее отмечалось, что при разработке высокотемпературных воздушонагревателей основной проблемой является конструкционный материал труб [3]. Исходя из этого, геометрические характеристики теплообменной трубы подбираются таким образом, чтобы удовлетворить двум основным требованиям: высокой эффективности теплопередачи и эксплуатационной надежности при минимальных стоимостных показателях.

Удельные денежные затраты (капитальные и эксплуатационные) на передачу одного

кВт теплоты представляют собой сумму трех составляющих:

$$3/Q = (3_{\text{мет}}/n + 3_{\text{в}} + 3_{\text{г}})/Q, \quad (1)$$

где $3_{\text{мет}}$ – капитальные затраты на конструкционный металл, тыс.руб.; n – срок службы теплообменного элемента (принят 12,5 лет или 100 тыс. ч); $3_{\text{в}}$ – затраты на перекачку сжатого воздуха, тыс. руб./год; $3_{\text{г}}$ – затраты на перекачку продуктов сгорания, тыс. руб./год; Q – тепловой поток передаваемый трубой, кВт (на один погонный метр трубы).

Для определения влияния диаметра теплообменного элемента на удельные затраты поверхностей нагрева высокотемпературного воздухоподогревателя были выбраны гладкие трубы диаметрами 10 мм, 21 мм и 30 мм. При этом в расчетах принимается, что через эти трубы проходит одинаковое количество воздуха ($G_1=G_2=G_3$). При этом изменялись соотношения количества труб. С учетом этих условий были рассчитаны удельные затраты для трех труб с различными диаметрами. На рис.1 представлен график зависимости удельных затрат от скорости воздуха.

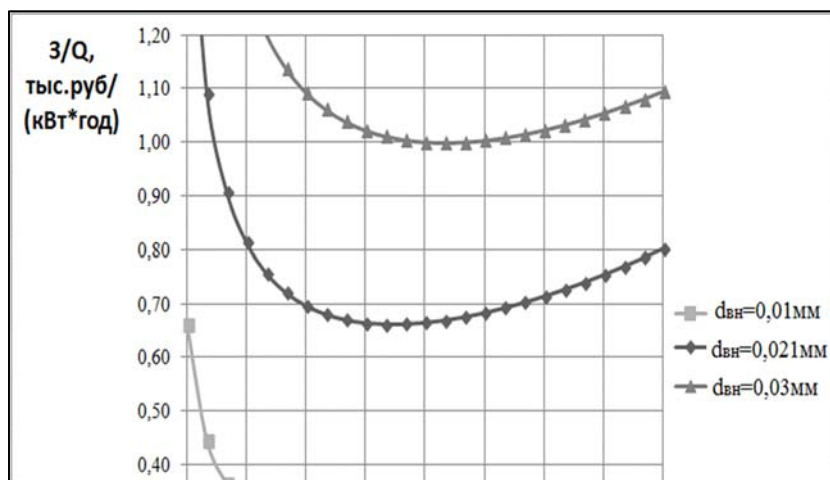


Рис. 1. Зависимость удельных денежных затрат для гладкой трубы от скорости воздуха

Как видно из рисунка, минимальные удельные затраты достигаются при трубе диаметром 10 мм и составляют 0,26 тыс. руб./кВт*год, что почти в 4 раза ниже, чем на трубе диаметром 30 мм и 2,5 раза ниже затрат, полученных на трубе диаметром 21 мм.

Так же были определены процентных соотношений $3_{\text{мет}}$ – затраты на конструкционный металл, $3_{\text{в}}$ – затраты на перекачку сжатого воздуха, $3_{\text{г}}$ – затраты на перекачку продуктов сгорания в зависимости от диаметра труб. Затраты на перекачку продуктов сгорания при изменении диаметра остаются постоянными. Так же стало ясно, что затраты на конструкционный материал составляет большую часть и они возрастают с увеличением диаметра труб. И данный факт имеет большую весомость, несмотря на то что с увеличением диаметра трубы затраты на перекачку воздуха снижаются.

Таким образом можно сказать, что снижение затрат на дорогостоящий металл является наиболее важной задачей при разработке воздушного котла. При этом минимальные удельные затраты достигаются на трубе диаметром 10 мм и составляют 0,26 тыс.руб./кВт*год. Для достижения минимума удельных денежных затрат скорость воздуха должна быть 11–12 м/с.

Для определения влияния диаметра на длину теплообменного элемента высокотемпературного воздухоподогревателя был проведен расчет, в котором в качестве критерия оптимизации принято равенство термических сопротивлений воздуха и продуктов сгорания. Конструкция, для которой проводился расчет, представляет собой шахматный пучок труб. Давление воздуха 2 МПа. При расчете изменяли диаметр труб, но оставляли постоянными сечение для прохода продуктов сгорания. С учетом этих условий были рассчитаны длины труб с различными диаметрами. На рис. 2 представлен график зависимости длины трубы от внутреннего диаметра.

Как видно из рисунка, при диаметре трубы 6 мм длина трубы очень мала. При диамет-

рах менее 28 мм длины труб не характерны для теплообменных элементов.

Так же был построен график зависимости скорости воздуха от внутреннего диаметра трубы (рис. 3).

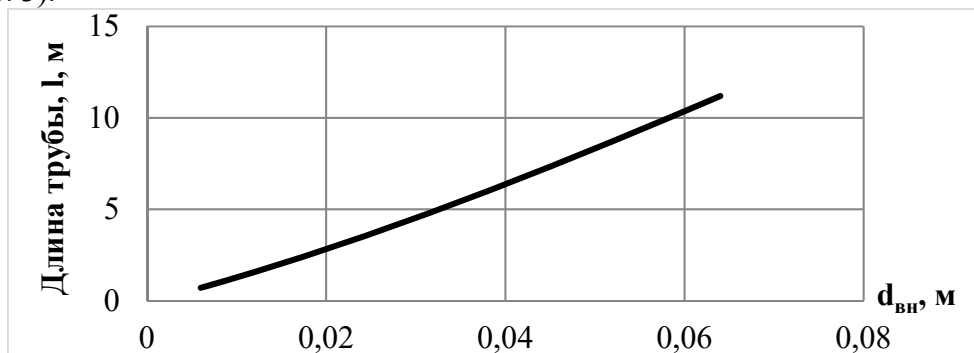


Рис. 2. График зависимости длины трубы от внутреннего диаметра

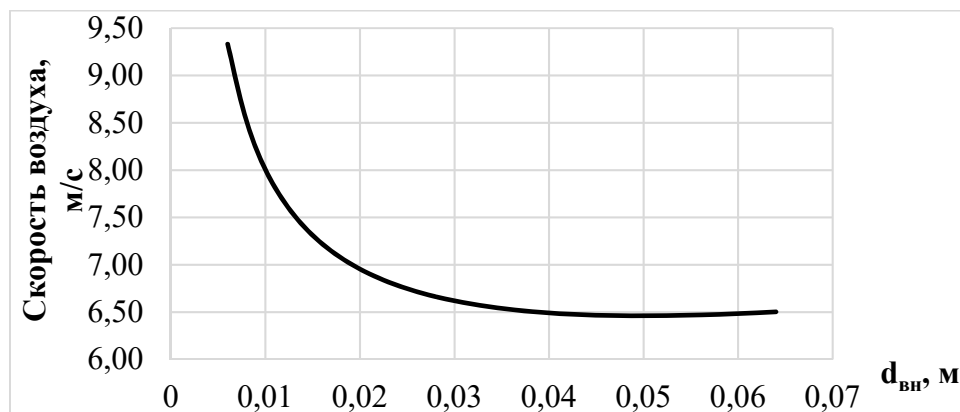


Рис. 3. График зависимости скорости воздуха от внутреннего диаметра трубы

По представленному графику можно сделать вывод, что при достижении диаметра труб 32 мм и более скорость воздуха становится равно 6,5 м/с и практически перестает изменяться, т.е. больше не зависит от увеличения диаметра.

Список использованных источников

1. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – М.: Энергоиздат, 1981.
2. Тепловой расчет котлов (Нормативный метод). – изд. 3-е, перераб. и доп. – СПб.: НПО ЦКТИ, 1998. – 255 с.
3. Гильметдинова Ю.Р., Степанов Д.Н., Микула В.А. Разработка концепции теплообменного элемента конвективного высокотемпературного нагревателя компримированного воздуха // Конференция молодых ученых – 2016, УрФУ, 2016.

УДК: 004.94, 536.7, 621.444

И. В. Южаков, Е. И. Левин

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

ВЫБОР МОДЕЛИ ГОРЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ И СИНТЕЗ-ГАЗОВ В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ ГТУ

Аннотация